



**Europäisches
Patentamt**

**European
Patent Office**

**Office européen
des brevets**

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

02017736.6

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk

DEN HAAG, DEN
THE HAGUE, 30/08/02
LA HAYE, LE



**Eur päisches
Patentamt**

**European
Patent Office**

**Office eur péen
des brevets**

**Blatt 2 der Bescheinigung
Sheet 2 of the certificate
Page 2 de l'attestation**

Anmeldung Nr.:
Application no.: 02017736.6
Demande n°:

Anmeldetag:
Date of filing: 08/08/02
Date de dépôt:

Anmelder:
Applicant(s):
Demandeur(s):
BrainLAB AG
85551 Kirchheim/Heimstetten
GERMANY

Bezeichnung der Erfindung:
Title of the invention:
Titre de l'invention:

**System zur Patientenpositionierung für die Strahlentherapie/Radiochirurgie basierend auf
magnetischem Tracking eines Implantats**

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s) revendiquée(s)

Staat:
State:
Pays:

Tag:
Date:
Date:

Aktenzeichen:
File no.
Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation:
International Patent classification:
Classification internationale des brevets:

/

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten:
Contracting states designated at date of filing:
Etats contractants désignés lors du dépôt:

AT/BE/CH/CY/DE/DK/ES/FI/FR/GB/GR/IE/IT/LI/LU/MC/NL/PT/SE/TR

Bemerkungen:
Remarks:
Remarques:

Anwaltsakte: 53 969 XV

Anmelder: BrainLAB AG

EPO - Munich
67
08. Aug. 2002

System zur Patientenpositionierung für die Strahlentherapie/Radiochirurgie basierend auf magnetischem Tracking eines Implantats.

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren bzw. ein System zur exakten Positionierung eines Patienten in der Strahlentherapie bzw. Radiochirurgie bzw. zur Berücksichtigung von atembedingten Verschiebungen interner Strukturen des Patienten sowohl bei der eigentlichen Behandlung, als auch bei der Aufnahmen der dafür notwendigen Bilddaten.

In der Strahlentherapie und der Radiochirurgie wurden in letzter Zeit große Fortschritte in der Dosisplanung erzielt. Es wird angestrebt mit höheren Strahlendosen zu arbeiten, welche möglichst präzise unter Schonung der umgebenden Regionen auf ein Zielvolumen, also beispielsweise auf einen Tumor, appliziert werden. Obwohl die Dosisplanung, wie erwähnt, relativ gute Erfolge zeigt, steht der Verwendung von höheren Dosen, die in u.U. sogar in einer einzigen oder in wenigen Fraktionen verabreicht werden, oftmals die Tatsache im Wege, dass der Patient bzw. der zu bestrahlende Körperabschnitt, nur relativ ungenau positioniert werden kann. Um größere Schädigungen des gesunden Gewebes zu vermeiden, ist eine exakte Positionierung essentiell.

Auch eine optimale Positionierung des Patienten kann unter Umständen nicht ausreichend sein, wenn das Zielgewebe welches bestrahlt werden soll sich im Patienten bewegt. Vor allem die Atembewegung kann zu einer Verschiebung von bis zu etwa 2 cm führen. Um eine optimale Behandlung auch in diesen Fällen gewährleisten zu können ist es notwendig die genaue Position des Zielgebietes im Patienten zu jedem Zeitpunkt der Behandlung zu kennen. Ist diese Position bekannt, so ist es möglich das Therapiegerät nur zu den Zeiten zu aktivieren, zu denen das Zielvolumen im Patienten innerhalb eines Toleranzbereiches um das Zielgebiet des Therapiegerätes liegt, oder, sofern mit der jeweiligen Bauart der Maschine zu vereinbaren, das Zielgebiet der Therapiemaschine mit der Bewegung des Ziels mitzuführen.

Ein verwandtes Problem stellt sich bei der Aufnahmen der diagnostischen Bilder auf denen die Behandlungen basieren. Bewegt sich das Innere des Patienten während der Aufnahme dieser Bilddaten, so entstehen Artefakte in den Bildern und die geometrischen Proportionen des Inneren des Patienten werden verzerrt. Das Zielvolumen im Patienten wird dementsprechend nicht in seiner wahren Größe erfasst, sondern kann zu groß oder zu klein dargestellt werden.

Des Weiteren erfassen gängige röntgenbasierende Verfahren meistens nur die knöchernen Strukturen des Patienten und sind so für die Behandlung von Organen welche sich relativ zu diesen knöchernen Strukturen verschieben können (zum Beispiel Prostata) relativ ungeeignet. Ein weiterer Nachteil der röntgenbasierenden Verfahren ist die limitierte zeitliche Auflösung, sowie die entstehende Strahlenbelastung, bei der Verfolgung atembedingter Verschiebungen über einen längeren Zeitraum. Die Kosten für stereoskopische Röntgensystem sind für viele Anwendungen ein Hindernis.

Die vorliegende Erfindung liefert Lösungen der oben angesprochenen Probleme, und zwar durch die Verfahren gemäß den beiliegenden unabhängigen Ansprüchen. Die Unteransprüche betreffen vorteilhafte Ausführungsformen. Die Erfindung kann alle in den Ansprüchen und in dieser Beschreibung genannten Merkmale einzeln oder in jedweder Kombination umfassen; sie beinhaltet ebenfalls eine Vorrichtung mit den Merkmalen, wie sie aus den Ansprüchen oder dieser Beschreibung entnehmbar sind sowie entsprechende Verwendungen und Computerprogramme bzw. Speichervorrichtungen hierfür.

Beschreibung möglicher Ausführungsformen

Allgemeine Beschreibung der Magnettechnik mit Implantaten

Die vorliegende Erfindung umgeht die oben genannten Probleme durch den Einsatz eines oder mehrerer Implantats (e), dessen Position über ein magnetisches Trackingsystem bestimmt wird. Das Problem der Energieversorgung des Implantats löst die Erfindung zum Beispiel durch eine induktive Übertragung elektromagnetischer Energie über ein dynamische Feld welches von Außen in den Patienten eingestrahlt wird. Auf diese Weise kann auf eine

Verkabelung des Implantats sowie auf eine Energiespeichervorrichtung im Implantat verzichtet werden. Durch den Verzicht auf eine externe Verkabelung wird das Risiko einer Infektion für den Patienten sehr deutlich reduziert.

Magnettracking mit Implantat zur Positionierung am Behandlungsgerät

Die aufgenommene elektromagnetische Energie wird vom Implantat zumindest teilweise wieder abgestrahlt, vorzugsweise in Form eines Wechselfeldes. Wird das vom Implantat abgestrahlte Signal in der Nähe des Patienten gemessen, so lässt sich daraus die Position des Implantats relativ zu dem oder den Messgeräten bestimmen. Magnetische Trackingsysteme sind aus der industriellen Anwendung bekannt. Im Gegensatz zu den meisten gängigen Systemen wird bei der hier beschriebenen Erfindung die Position des Senders bestimmt. Die genaue Meßmethode ist für die Erfindung ohne besondere Bedeutung.

Ist die Position der Messpunkte relativ zum Therapiegerät bekannt, so kann damit auch die Position des Implantats relativ zum Therapiegerät bestimmt werden.

Die Erfindung soll im Folgenden am Beispiel eines konventionellen Linearbeschleunigers dessen Gantry sich um eine horizontale Achse drehen kann erläutert werden, kann aber genauso bei Linearbeschleunigern die auf Roboterarmen mit mehreren Freiheitsgrade geführt werden, oder auch bei radioaktivem Zerfall basierende Therapiesysteme angewandt werden.

Die Position der Messpunkte relativ zum Therapiegerät kann entweder aus deren fester Verbindung mit dem Therapiegerät bekannt sein, oder in Echtzeit über ein 6-dimensionales Trackingsystem (3 translatorische und 3 rotatorische Freiheitsgrade) bestimmt werden. Als Beispiel kann das ExacTrac™ -System der BrainLAB AG angeführt werden welches in der Lage ist die Position eines - mit einem oder mehreren Sensoren ausgestatteten - Messkopfes 6-dimensional zu verfolgen. Diese zweite Lösung hat insbesondere den Vorteil, dass die Sensoren für die Messung sehr nah an den Patienten gebracht werden können um nach der Messung dann wieder entfernt zu werden. Je näher am Sender gemessen wird, desto weniger Leistung braucht das sendende Implantat und desto weniger wirken sich eventuelle Störfelder aus.

Magnettracking mit Implantat zur atemgetriggerten Behandlung am Behandlungsgerät

Kann die Position des Implantats mehrmals in der Sekunde bestimmt werden, so kann eine eventuelle atembedingte Verschiebung des Implantats und damit auch die Verschiebung des Zielvolumens im Patienten bestimmt werden. Die Kenntnis der Position des Implantats kann während der Behandlung dazu genutzt werden das Therapiegerät nur dann zu aktivieren, wenn die Position des Zielvolumens im Patienten innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereiches um den aktuellen Zielpunkt des Therapiegerätes liegt. Alternativ kann auch das Therapiegerät oder der Patient der Bewegung des Zielvolumens entsprechend verschoben werden.

In Fällen in denen es eine negative Wechselwirkung zwischen dem Therapiegerät und dem magnetischen Trackingsystem gibt kann die gleiche Funktionalität auch mittelbar, durch die Verknüpfung mit einem weiteren Trackinggerät (zum Beispiel ExacTrac der Firma BrainLAB AG, Kirchheim/Heimstetten) erfolgen. Dazu wird zeitgleich zur magnetischen Messung eine physiologische Veränderung des Patienten gemessen, zum Beispiel die Bewegung von Thorax und Bauchwand während der Atmung. Durch Korrelation dieser beiden Signale ist es zum Beispiel auch zu einem späteren Zeitpunkt möglich die folgende Bestrahlung ausschließlich anhand des Signals des zweiten Trackingsystems zu steuern.

Magnettracking mit Implantat zur atemgetriggerten diagnostischen Bildaufnahme

Die Aufnahmen der diagnostischen Bilder auf denen die Behandlungen basieren wird erfindungsgemäß ähnlich gelöst. Um Artefakte in den Bildern und das Verzerren geometrischer Proportionen in den Datensätzen zu vermeiden ist es notwendig, dass alle Bilddaten möglichst gut zu einer Lungenfüllung des Patienten passen. Werden alle Schichtbilder zu Zeitpunkten mit gleicher Lungenfüllung des Patienten aufgenommen, so ist sichergestellt, dass jeder Punkt im Inneren des Patienten nur in genau einem Schichtbild abgebildet wird. Um dies zu erreichen wird die Position des Implantats am bildgebenden Gerät (vorzugsweise CT) kontinuierlich verfolgt, und die Aufnahme eines Schichtbildes nur zu Zeitpunkten gestartet, an denen die Position des Implantats im Patienten innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereiches um eine zuvor festgelegte Position liegt.

Magnettracking mit Implantat zur Positionierungsvorbereitung außerhalb der Behandlungsposition

Kritisch für magnetisches Tracking sind Störfelder, sowie metallische und andere elektrisch leitende Gegenstände die die magnetischen Felder verzerren. Lässt sich im Umfeld der Therapiemaschine trotz aller Maßnahmen keine Messung mit ausreichender Genauigkeit durchführen, so liefert die vorliegende Erfindung eine alternative Lösung:

Durch die Kombination des magnetischen Trackingsystems mit einem weiteren, zum Beispiel optischen, 3D-Trackingsystem welches die Position der Messpunkte im Raum bestimmen kann, ist es möglich die Position des Implantats in einem Raum oder einem Bereich eines Raumes zu messen, in dem weniger Störquellen vorhanden sind. Eine mögliche Implementierung dieser Vorgehensweise wird im Folgenden anhand des ExacTrac™ -systems der BrainLAB AG (Kirchheim/Heimstetten) erklärt: Die elektromagnetischen Messpunkte stehen in einer bekannten, vorzugsweise festen räumlichen Relation zu Referenzpunkten die vom Trackingsystem erfasst werden. In diesem Beispiel befinden sich reflektierende Kugeln auf einer festen Struktur, die fest am Patienten, oder der Liege auf der der Patient liegt, befestigt sind. Wird nun die Position des Implantats relativ zu den Messpunkten bestimmt, so lässt sich über die bekannte räumliche Relation der reflektierenden Kugeln zu diesen Messpunkten die Position des Implantats relativ zu den reflektierenden Kugeln bestimmen.

Wird der Patient nun zum Therapiegerät gebracht, so ist es zwingend notwendig diese räumliche Beziehung nicht zu verändern. Dies lässt sich vorzugsweise dadurch realisieren, dass der Patient mitsamt der Liege auf der er gelagert ist zum Therapiegerät gebracht wird. Zusätzlich kann der Patient noch auf dieser Liege fixiert werden.

Liegt der Patient auf dem Patiententisch der Therapiemaschine wird die Position der reflektierenden Kugeln in Echtzeit erfasst. Da die räumlichen Beziehungen zwischen Implantat und Zielvolumen im Patienten, sowie zwischen Implantat und den reflektierenden Kugeln bekannt sind, kann der Patient nun anhand der reflektierenden Kugeln so positioniert werden, dass das Zielvolumen im Patienten relativ zur Therapiemaschine richtig positioniert ist.

Magnettracking mit Implantat zur atemgetriggerten Behandlungsvorbereitung außerhalb der Behandlungsposition

Auch für atemgetriggerte Behandlungen kann es von Vorteil oder nötig sein die magnetischen Messungen abseits der Therapiemaschine zu tätigen. Zusätzlich zum Vorteil, dass störende Felder und Signale vermieden werden können, lässt sich die Zeit die der Patient an der Therapiemaschine verbringt dadurch verringern. Wie bereits weiter oben beschrieben wird dazu zeitgleich zur magnetischen Messung eine physiologische Veränderung des Patienten gemessen, zum Beispiel die Bewegung von Thorax und Bauchwand während der Atmung. Durch Korrelation dieser beiden Signale ist es möglich ein Kriterium für das unabhängige Messsystem festzulegen, welches sicher stellt, dass sich das Implantat in der richtigen Position im Patienten befindet.

Wird der Patient im Folgenden zum Therapiegerät gebracht, so kann die Bestrahlung ausschließlich anhand des Signals des zweiten Trackingsystems erfolgen, welches ebenfalls am Therapiegerät vorhanden sein muss.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Positionierung eines Patienten bzw. zur Zielvolumenerfassung in der Strahlentherapie/Radiochirurgie, bei dem mindestens ein Implantat in der Umgebung des Behandlungsziels positionell referenziert bzw. registriert wird, wobei mindestens ein Implantat mittels eines elektromagnetischen Feldes induktiv angeregt wird, und wobei die Abstrahlung mindestens eines Implantats erfasst und zur Positions- bzw. Orientierungsbestimmung des Implantats verwendet wird, um hieraus die aktuelle Position des Zielvolumens zu bestimmen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem:
 - mindestens ein Implantat in die Nähe des zu bestrahlenden Gebietes (Zielvolumen) in den Patienten eingebracht wird,
 - die Position des eingebrachten Implantats vor der Strahlenbehandlung durch ein bildgebendes System erfasst wird, und relativ zu inneren Organen oder anderen Körperstrukturen in Referenz gesetzt wird,
 - der Patient nach der Bildgebung an das Therapiegerät verbracht wird,
 - am Therapiegerät ein dynamisches elektromagnetisches Feld in der Nähe, aber außerhalb des Patienten erzeugt wird,
 - das Implantat durch das elektromagnetische Feld induktiv Energie aufnimmt,
 - das Implantat die aufgenommene Energie zumindest teilweise in Form eines zweiten elektromagnetischen Signals wieder abstrahlt,
 - das zweite elektromagnetische Signal außerhalb des Patienten wieder erfasst wird und damit auf die Position und/oder Orientierung des Implantats relativ zu den Messpunkten an denen das Signal erfasst, geschlossen wird,
 - die Position des Messpunkts (der Messpunkte) an dem (denen) das Signal erfasst wird relativ zum Therapiegeräts bekannt ist (sind),
 - die Kenntnis der Position des eingebrachten Implantats in Verbindung mit der Kenntnis der Position innerer Organe des Patienten relativ zum Implantat, dazu genutzt wird, auf die aktuelle Position des Zielvolumens im Patienten zu schließen,

- der Patient auf Basis der Kenntnis der Position des Zielvolumens so verschoben wird, dass das Zielvolumen vom Therapiestrahle erfasst werden kann,
 - die Patientenposition unverändert bleibt und stattdessen der Therapiestrahle auf die aktuelle Position des Zielvolumens angepasst wird,
- wobei die oben aufgeführten Schritte einzeln oder in jedweder Kombination durchgeführt werden können.

3. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem

- mindestens ein Implantat in die Nähe des zu bestrahlenden Gebietes (Zielvolumen) in den Patienten eingebracht wird,
- die Position des eingebrachten Implantats vor der Strahlenbehandlung durch ein bildgebendes System erfasst wird, und relativ zu inneren Organen oder Körperstrukturen in Referenz gesetzt wird,
- der Patient nach der Bildgebung an das Therapiegerät verbracht wird,
- am Therapiegerät ein dynamisches elektromagnetisches Feld in der Nähe, aber außerhalb des Patienten erzeugt wird,
- das Implantat durch das elektromagnetische Feld induktiv Energie aufnimmt,
- das Implantat die aufgenommene Energie zumindest teilweise in Form eines elektromagnetischen Signals wieder abstrahlt,
- das elektromagnetische Signal außerhalb des Patienten wieder erfasst wird und damit auf die Position und/oder Orientierung des Implantats relativ zu den Messpunkten an denen das Signal erfasst, geschlossen wird,
- die Position des Messpunkts (der Messpunkte) an dem (denen) das Signal erfasst wird relativ zum Therapiegeräts bekannt ist (sind),
- die Kenntnis der Position des eingebrachten Implantats in Verbindung mit der Kenntnis der Position innerer Organe des Patienten relativ zum Implantat, dazu genutzt wird auf die aktuelle Position des Zielvolumens im Patienten zu schließen,
- die Positionserfassung des Implantats fortlaufend oder wiederholt durchgeführt wird, und daraus die atembedingte Verschiebung des Zielvolumens ermittelt wird,
- die Kenntnis der aktuellen Position des Zielvolumens dazu genutzt wird, das Therapiegerät nur dann zu aktivieren wenn die Position des Zielvolumens im Patienten

ten innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereiches um den aktuellen Zielpunkt des Therapiegerätes liegt,

wobei die oben aufgeführten Schritte einzeln oder in jedweder Kombination durchgeführt werden können.

4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem die Kenntnis der aktuellen Position des Zielvolumens im Patienten dazu genutzt wird, das Therapiegerät so zu verstellen, dass der Zielpunkt des Therapiegerätes möglichst genau der Verschiebung dieses Zielvolumens folgt.
5. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem die Messpunkte sich auf dem rotierenden Teil eines Linearbeschleunigers, insbesondere auf dessen Gantry oder Multileaf-Colimator befinden.
6. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem die Messpunkte in die Behandlungsliege des Therapiegerätes integriert sind.
7. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem ein oder mehrere Messpunkte auf einer festen, mobilen Struktur angebracht sind, die Position derer relativ zum Therapiegerät mittels eines Echtzeit-Trackingsystems im dreidimensionalen Raum verfolgt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem das Implantat eine oder mehrere Spulen enthält.
9. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem das Implantat mehrere Spulen enthält, deren Achsen nicht parallel zueinander sind.
10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, bei dem die Spulen im Implantat an verschiedene Schwingkreise mit unterschiedlichen Resonanzfrequenzen angeschlossen sind.
11. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem
 - der Patient sich während des Trackings des Implantats in einem Raum oder Bereich eines Raumes befindet in dem sich so wenig Störfelder wie möglich befin-

den, und in dem so wenig metallische Teile in der Nähe des Messortes befinden wie möglich,

- die Position des Implantats relativ zu den Messpunkten bestimmt wird,
- die Messpunkte fest mit dem Patienten oder der Liege auf der der Patient liegt verbunden sind,
- die Messpunkte mit einem Referenzmittel ausgestattet sind welches es erlaubt die Position der Messpunkte mit einem unabhängigen, dreidimensionalen Tracking-system zu bestimmen,
- der Patient nach der elektromagnetischen Messung so bis an das Therapiegerät gebracht wird, dass die räumliche Beziehung zwischen Patient und Messpunkten nicht verändert wird, und
- der Patient anhand des Referenzmittels relativ zum Therapiegerät positioniert wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem das unabhängige, dreidimensionale Tracking-system ein optisches Infrarot-Kamerasystem ist.
13. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, bei dem
 - mindestens einer der genannten Schritte außerhalb der Behandlungsposition, insbesondere in einem Nebenraum durchgeführt,
 - zusätzlich ein Tracking-System die Bewegung und Position von externen Markierungen, zum Beispiel Infrarotmarkern verfolgt, wobei die Position und Bewegung des Implantats zur Position und Bewegung der externen Markierungen referenziert wird, und wobei die Positionierung und ein Gating bzw. eine Strahlnachführung basierend lediglich auf der Verfolgung der externen Markierungen durchgeführt wird.
14. Verfahren zur atemabhängigen Aufnahme diagnostischer 2- oder 3D Bilddatensätze, bei dem mindestens ein Implantat in der Umgebung eines Behandlungsziels in den Patienten wird, wobei mindestens ein Implantat mittels eines elektromagnetischen Feldes induktiv angeregt wird, und wobei die Abstrahlung mindestens eines Implantats erfasst und zur Positions- bzw. Orientierungsbestimmung des Implantats verwendet wird, um

dadurch eine Bilddatenaufnahme in Abhängigkeit von der Implantatposition bzw. -orientierung durchzuführen.

15. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem

- am bildgebenden System ein dynamisches elektromagnetisches Feld in der Nähe, aber außerhalb des Patienten erzeugt wird,
- das Implantat durch das elektromagnetische Feld induktiv Energie aufnimmt,
- das Implantat die aufgenommene Energie zumindest teilweise in Form eines elektromagnetischen Signals wieder abstrahlt,
- das elektromagnetische Signal außerhalb des Patienten wieder erfasst wird und damit auf die Position und/oder Orientierung des Implantats relativ zu den Messpunkten an denen das Signal erfasst, geschlossen wird,
- die Position des Messpunkts (der Messpunkte) an dem (denen) das Signal erfasst wird relativ zum bildgebenden System bekannt ist (sind),
- die Kenntnis der Position des eingebrachten Implantats dazu genutzt wird, um das bildgebende System nur zu den Zeitpunkten Daten aufzeichnen zu lassen, zu denen die Position des Implantats innerhalb eines toleranzbehafteten Bereiches innerhalb des Patienten liegt,

wobei die oben aufgeführten Schritte einzeln oder in jedweder Kombination durchgeführt werden können.

EPO - Munich
67
08. Aug. 2002

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Positionierung eines Patienten bzw. zur Zielvolumenerfassung in der Strahlentherapie/Radiochirurgie, bei dem mindestens ein Implantat in der Umgebung des Behandlungsziels positionell referenziert bzw. registriert wird, wobei mindestens ein Implantat mittels eines elektromagnetischen Feldes induktiv angeregt wird, und wobei die Abstrahlung mindestens eines Implantats erfasst und zur Positions- bzw. Orientierungsbestimmung des Implantats verwendet wird, um hieraus die aktuelle Position des Zielvolumens zu bestimmen. ferner betrifft sie ein Verfahren zur atemabhängigen Aufnahme diagnostischer 2D oder 3D Bilddatensätze.